

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-251270

(43)Date of publication of application : 14.09.2001

(51)Int.Cl.

H04J 11/00
H04B 7/08
H04N 5/44

(21)Application number : 2000-059557

(71)Applicant : KEIO GIJUKU

(22)Date of filing : 03.03.2000

(72)Inventor : FUJII TAKEO

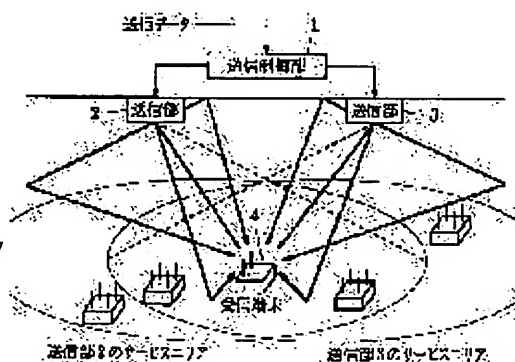
NAKAGAWA MASAO

(54) COMMUNICATION SYSTEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a communication system which can transmit simultaneously the same data via plural transmitting means with the same frequency and also transmit the different data each every transmitting means and can receive separately those data at the receiving side, even when the service area overlap with each other.

SOLUTION: A transmission control part 1 simultaneously transmits the same or different data via the transmitting part 2 and 3 with the same frequency and by an OFDM modulation system. Every receiving terminal 4 has plural antennas to weight adaptively each carrier, after discrete Fourier transformation of the signals received by the antennas and then adds together the same carriers received from these antennas. In such a constitution, the receiving characteristics is improved by the diversity effects, when the same data are transmuted from the parts 2 and 3. When the different data are transmitted from the parts 2 and 3, the interference components can be suppressed and only the desired signals can be extracted.



LEGAL STATUS

BEST AVAILABLE COPY

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-251270

(P2001-251270A)

(43)公開日 平成13年9月14日(2001.9.14)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード*(参考)
H 0 4 J 11/00		H 0 4 J 11/00	Z 5 C 0 2 5
H 0 4 B 7/08		H 0 4 B 7/08	D 5 K 0 2 2
H 0 4 N 5/44		H 0 4 N 5/44	H 5 K 0 5 9
			A

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 10 頁)

(21)出願番号 特願2000-59557(P2000-59557)

(22)出願日 平成12年3月3日(2000.3.3)

(71)出願人 899000079

学校法人 慶應義塾

東京都港区三田2丁目15番45号

(72)発明者 藤井 威生

東京都世田谷区奥沢一丁目64番2号

(72)発明者 中川 正雄

神奈川県横浜市青葉区美しが丘西三丁目38番17号

(74)代理人 100101948

弁理士 柳澤 正夫

Fターム(参考) 5C025 AA22 DA01

5K022 DD01 DD13 DD19 DD23 DD24

DD33

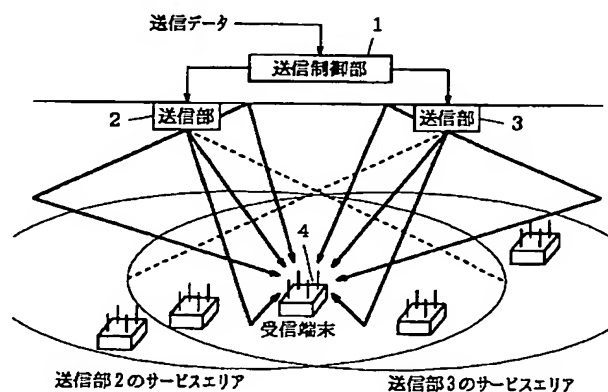
5K059 CC03 DD32 DD36 EE02

(54)【発明の名称】 通信システム

(57)【要約】

【課題】 サービスエリアが重複している場合でも、複数の送信手段から同一周波数で同時に同一データとともにそれぞれの送信手段により異なるデータを送信し、受信側でそれぞれのデータを分離して受信可能な通信システムを提供する。

【解決手段】 送信制御部1は、送信部2、3に同一のデータ、あるいは送信部2と送信部3とで異なるデータをOFDM変調方式により同一周波数で同時に送信させる。受信端末4には複数のアンテナが設けられており、各アンテナで受信した信号について、離散フーリエ変換後の各キャリアに適応的に重み付けし、各アンテナからの同一キャリアについて加算する。これによって、送信部2、3から同一データが送信された場合にはダイバーシティ効果により受信特性が改善される。また、送信部2と送信部3が異なるデータを送信した場合には、干渉成分を抑制し、希望の信号のみを取り出すことができる。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 データをOFDM変調して送信する複数の送信手段と、前記複数の送信手段に対して同一のデータあるいはそれぞれの送信手段によって異なるデータを送信させるように制御する送信制御手段と、前記複数の送信手段から送信された電波を受信する複数のアンテナを有する1ないし複数の受信手段を含むことを特徴とする通信システム。

【請求項2】 前記送信制御手段は、それぞれの前記送信手段に対して、OFDM変調する複数のキャリアを、同一のデータを送信するキャリア群と異なるデータを送信するキャリア群により構成してOFDM変調し、送信させることを特徴とする請求項1に記載の通信システム。

【請求項3】 前記送信制御手段は、前記同一のデータを送信するキャリア群と、前記異なるデータを送信するキャリア群として、前記OFDM変調する複数のキャリアのうちのいずれを用いるかを1ないし複数の送信フレームごとに変更可能に制御することを特徴とする請求項2に記載の通信システム。

【請求項4】 前記送信制御手段は、前記複数の送信手段に対して、送信フレームごとに同一のデータあるいはそれぞれの送信手段によって異なるデータのいずれかをOFDM変調して送信させることを特徴とする請求項1に記載の通信システム。

【請求項5】 前記受信手段は、各アンテナごとにOFDM変調された信号を複数のキャリア信号に変換するフーリエ変換手段と、該フーリエ変換手段で変換した各キャリア信号に対してそれぞれに対応した所定の重みを乗算する乗算手段と、各アンテナごとに前記フーリエ変換手段で変換された同一のキャリア信号について前記乗算手段で乗算後の信号を加算する加算手段を有することを特徴とする請求項1ないし請求項3のいずれか1項に記載の通信システム。

【請求項6】 前記重みは、少なくとも、それぞれの送信手段から異なるデータが送信されているキャリアについては希望波のみを取り出すべく調整されることを特徴とする請求項5に記載の通信システム。

【請求項7】 前記重みは、複数の送信手段から同一のデータが送信されているキャリアについては信号を強めあうように調整されることを特徴とする請求項5に記載の通信システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 変調を利用した通信システムに関するものである。

【0002】

【従来の技術】 無線通信によりデータを送信する場合、

2

確実にデータを伝達するためにはある程度の電界強度が必要である。そのために、例えば複数の送信局から同じデータを送信することによってサービスエリアを広げることが有効である。しかし、サービスエリアが重複する複数の送信局から同じデータを同じ周波数で送信すると、電波が干渉しあって通信を行うことができない。これを回避するため、従来は、複数の送信局から同じデータを送信する際には、異なる周波数もしくは時間を割り当てる。そして、受信側でいずれかの送信局から送信される電波を検波することで、チャンネルの分離を行ってきた。しかし、送信局が多くなると、割り当てる周波数が枯渇し、また時分割にも限界があるといった問題があった。

【0003】 一方、複数のキャリアを一度に利用して並列にデータを伝送するOFDM変調方式の活用が考えられている。例えばIEEE802.11規格のように、OFDM変調方式を無線LANに応用することが考えられており、現在標準化が進められている。このOFDM変調方式は、同じ周波数で送信された同一データは、ガードインターバルに収まる限り干渉を与えずに復調できることが知られている。例えば同じ送信局から発射された電波が異なる経路を通して受信される、いわゆるマルチパスが発生した場合でも、良好にデータを受信することができる。このように、OFDM変調方式はマルチパスに強いという性質を持っており、マルチパス環境で伝送する際の有効な方式である。

【0004】 このようなマルチパスに強いという性質を利用することによって、サービスエリアが重複する複数の送信局から同一の周波数を用いて同一の内容のデータを送信することができる。これによって、サービスエリアを広くすることができるとともに、重複するサービスエリア内の受信機においても干渉の影響をほとんど受けずにデータを受信することができる。

【0005】 例えば室内（屋内）に送信局を配置した場合、壁や天井、床などによる反射によりマルチパスが発生する。そのため、受信機においては各パスからの電波が干渉しあうことになる。しかしOFDM変調方式を用いることによって、このようなマルチパス環境においても、良好にデータを受信することができる。また、サービスエリアが重複する放送局や、同じく室内（屋内）にサービスエリアが重複する複数の送信局を設置する場合、同じ周波数で同じデータを送信しても、それぞれの放送局あるいは送信局から発射された電波は、受信機側ではマルチパスと同様に1つの波として扱うことができ、合成波を干渉せずに取り込んで、良好に受信することができる。

【0006】 このように、OFDM変調方式を用いることによって、例えばサービスエリアが重複していても、同一のデータを同一の周波数で送信することが可能になる。これによって、従来のように同一のデータを送信す

10

20

30

40

50

3

る隣接局に対して異なる周波数を割り当てる必要がなく
なり、周波数の枯渇といった問題を解決することができ
る。

【0007】しかし、それぞれの送信局は、同一のデー
タを送信するほか、それぞれが異なるデータを送信した
い場合がある。サービスエリアが重複する複数の送信局
からOFDM変調により異なるデータを送信した場合に
は、その重複するサービスエリア内ではそれぞれの送信
局から発射される波は互いに干渉しあうため、通常のOF
DM復調を行ってもデータを受信することは困難とな
る。

【0008】例えば特許第3009662号公報に記載
されているように、サービスエリアが重複する複数の送
信局から同一データを送信する場合にはOFDM変調方
式を用い、それぞれの送信局が異なるデータを送信す
る場合にはスペクトラム拡散方式を用いることが提案さ
れている。しかしこの場合にも、それぞれの送信局が同一
データを送信する周波数帯と異なるデータを送信する周
波数帯を別々に設けている。そのため、複数の送信局が
同一周波数で同一データと異なるデータを送信すること
はできなかった。また、スペクトラム拡散方式で異なる
データを別々に送信するためには、非常に広い帯域が必要
となるという問題もある。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、上述した事
情に鑑みてなされたもので、サービスエリアが重複して
いる場合でも、複数の送信手段から同一周波数で同時に
同一データとともにそれぞれの送信手段により異なるデー
タを送信し、受信側でそれぞれのデータを分離して受信
可能な通信システムを提供することを目的とするもの
である。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明は、通信システム
において、データをOFDM変調して送信する複数の送信
手段と、複数の送信手段に対して同一のデータあるいは
それぞれの送信手段によって異なるデータを送信させる
ように制御する送信制御手段と、複数の送信手段から
送信された電波を受信する複数のアンテナを有する1ない
し複数の受信手段を含むことを特徴とするものである。

【0011】上述のように、複数の送信手段から同時に
異なるデータをOFDM変調して送信した場合、そのまま
OFDM復調してもデータを取り出すことは困難である。
しかし受信手段において複数のアンテナを有し、例
えばアダプティブアレーアンテナとして位相及び振幅を
制御することにより、相関の高い電波を取り込み、相関
の低いデータに関しては除去することが可能となる。これ
によって、複数の送信手段から同一のデータが送信さ
れている場合にはそれぞれのアンテナにおいて受信した
電波をダイバーシティ効果により強め合い、受信特性を

4

改善することができる。また、複数の送信手段からそれ
ぞれ異なるデータが送信されている場合には、相互の干
渉を抑制し、所望の送信手段から送出されたデータのみ
を選択的に受信することができる。

【0012】送信制御手段は、それぞれの送信手段から
同一のデータあるいは各送信手段によって異なるデータ
を送信させる際には、それぞれの送信手段に対して、OF
DM変調する複数のキャリアを、同一のデータを送信
するキャリア群と異なるデータを送信するキャリア群に
より構成してOFDM変調し、送信させることができ
る。このとき、同一のデータを送信するキャリア群と、
前記異なるデータを送信するキャリア群として、OFDM
変調する複数のキャリアのうちのいずれを用いるかを
1ないし複数の送信フレームごとに変更可能に制御する
ことができる。あるいは、送信制御手段は、複数の送信
手段に対して、送信フレームごとに、同一のデータ、あ
るいは、それぞれの送信手段によって異なるデータのい
ずれかをOFDM変調して送信させることができる。

【0013】また受信手段においては、各アンテナごと
にOFDM変調された信号を複数のキャリア信号に変換
するフーリエ変換手段と、該フーリエ変換手段で変換し
た各キャリア信号に対してそれぞれに対応した所定の重
みを乗算する乗算手段と、各アンテナごとに前記フーリ
エ変換手段で変換された同一のキャリア信号について前
記乗算手段で乗算後の信号を加算する加算手段を有する
構成とすることができる。重みは、例えば適応的に設定
し、少なくとも、それぞれの送信手段から異なるデータ
が送信されているキャリアについては希望波のみを取り
出すべく調整することができる。これによって、不要な
信号を除去し、必要な信号のみを取り込むことができ、
複数の送信手段からOFDM変調して送信された信号に
ついて選択的に受信することができる。また、重みと
して、複数の送信手段から同一のデータが送信されてい
るキャリアについては信号を強めあうように調整するこ
とによって、受信特性を改善し、良好に受信することが
できる。これらの重みは各キャリア信号について設定す
ることができる。そのため、キャリアごとに、同一のデ
ータあるいは送信手段によって異なったデータを割り当
てることが可能である。

【0014】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の通信システムの
実施の一形態を示す概念図である。図中、1は送信制御
部、2、3は送信部、4は受信端末である。送信部2、
3は、それぞれが送信制御部1から送られてくるデータ
をOFDM変調し、同一の周波数により同時に送信す
る。送信部2と送信部3は、サービスエリアを拡大する
ように離れて設置される場合が多いが、そのサービスエ
リアは一部において重複している。なお、この例では送
信部を2つ設けた例を示しているが、これに限らず、3
以上設けることももちろん可能である。

50

5

【0015】送信制御部1は、外部から与えられたデータを送信部2、3に転送し、送信させる。このとき、複数の受信端末に対して同一のデータを送信する場合には、送信部2、3に同一のデータを転送する。また、送信部2と送信部3のそれぞれのサービスエリアに異なるデータを送信したい場合には、データを送信するサービスエリアを担当する送信部に対してデータを送信する。このとき、OFDM変調方式において用いる複数のキャリアについて、送信部2、3から同一のデータを送信させるキャリア群と、送信部2と送信部3に異なるデータを送信させるキャリア群に分け、それぞれのキャリアにデータを乗せて送信させてもよい。この場合、送信部2、3から同一のデータを送信させるキャリア群と、送信部2と送信部3に異なるデータを送信させるキャリア群は、常に同じでなくてもよく、使用するキャリアを時間とともに変更したり、データ量に応じてキャリア数を変更することもできる。あるいは、送信フレームごとに、送信部2と送信部3で同じデータを送信する送信フレームと、送信部2と送信部3に異なるデータを送信させる送信フレームを設けてもよい。このように、送信部2、3について同一のデータを送信する場合と、送信部2と送信部3に異なるデータを送信する場合とで、同じ周波数を用いて送信部2、3に送信させることができる。なお、送信部2と送信部3の動作タイミングなどについても、この送信制御部1によって制御することができる。もちろん、3以上の送信部についても同様に制御することができる。

【0016】受信端末4は、複数のアンテナを備えたアレーアンテナの構成を有しており、送信部2及び送信部3から送信された電波を受信する。図2は、受信端末の一例を示す概略図である。図中、11はアンテナ、12は受信部、13は端末装置である。この例では、アンテナ11及び受信部12からなる受信機を、端末装置13に取り付けた例を示している。各アンテナ11で受信した電波は、受信部12においてOFDM復調され、送信部2、3から送信されたデータが取り出される。このとき、OFDM変調方式で用いる複数のキャリアのそれぞれについて適応的に重み付けを行う。これによって、送信部2と送信部3から同じデータが送られてきている時には、それぞれのアンテナで受信し、OFDM復調したそれぞれのキャリアについて強めるように合成することができる。また、送信部2と送信部3から異なるデータが送られてきている時には、それぞれのアンテナで受信し、OFDM復調したそれぞれのキャリアについて、干渉が少なくなるように重み付けして所望のデータを分離する。取り出されたデータは、この例では端末装置13に送られる。なお、図2では受信端末4にアンテナ11を4本図示しているが、これに限らず、送信部の数より多いアンテナがあれば構成可能である。

【0017】受信端末4には、図1に示す例では、少な

6

くとも送信部2及び送信部3からの電波が到来する。また、例えば室内などの環境を考えると、天井や床、壁などによる反射によって、図1に矢線で示すように複数の経路を介して、送信部2及び送信部3からの電波が受信端末4に到来する。上述のように、送信部2及び送信部3は、上述のようにデータをOFDM変調して送信している。そのため、送信部2及び送信部3が同一のデータを同時に送信している場合には、図1に示すように種々の経路を通して電波が到来する場合でも、到来する電波の位相差がガードインターバルの範囲内であれば、干渉の影響を受けることなく復調することができる。この場合は通常のOFDM変調方式を利用した通信と同じであるが、複数のアンテナを利用することによって、復調後のキャリアをそれぞれのアンテナからの出力によって強めあい、ダイバーシティ効果により良好な受信特性を得ることができる。例えば送信部2と送信部3が離れており、受信端末4がそのどちらからも遠い場合でも、電波の減衰による影響を軽減することができる。

【0018】一方、送信部2及び送信部3から異なるデータを同時に送信している場合には、送信部2からの直接波及びその反射波と、送信部3からの直接波及びその反射波は互いに干渉してしまう。そのため、1本のアンテナのみでは復調することが困難である。しかし本発明では、受信端末4に複数のアンテナを設けている。これによって相互に干渉する成分を抑え、希望する成分のみを取り出すことができる。そのため、例えば送信部2と送信部3のサービスエリアが重なる部分に配置された受信端末4であっても、送信部2あるいは送信部3のいずれかから送られてくるデータでも選択的に受信することが可能である。なお、1つの干渉する成分を抑えるためにアンテナ1つ分のダイバーシティゲインは減少する。しかし、独立な干渉波以上のアンテナが残っている場合、希望波を取り込むことができ、ある程度の品質を保った通信が可能である。

【0019】図3は、受信端末における受信部の概要を示すブロック図である。図中、21は離散フーリエ変換(DFT: Discrete Fourier Transform)部、22は重み付け部、23は加算部、24は復調部、25は並直列変換部、26は重み制御部である。OFDM変調方式では、送信部2、3において、データを並直列変換し、複数のキャリアに乗せた上で逆離散フーリエ変換(Inverse Discrete Fourier Transform: IDFT)して、所定の周波数帯域の信号として送信する。基本的には、受信側ではこの逆の操作を行うことでデータを取り出すことができる。本発明では、複数のアンテナを用い、適応的に重み付けをして干渉を防止している。

【0020】M本のアンテナ11は、例えば互いに受信周波数の1/2波長以上の間隔を置いて設置されている。M本のアンテナ11で受信されたOFDM信号は、

7

それぞれのアンテナ11ごとに設けられた離散フーリエ変換部21に入力される。離散フーリエ変換部21では、複数のキャリア成分に分離される。この例では、K本のキャリア成分に分離している。それぞれのキャリア成分を x_{ij} ($i=1\sim K$, $j=1\sim M$)で示している。なお、離散フーリエ変換部21は、例えば高速フーリエ変換手段などにより置換可能である。

【0021】離散フーリエ変換部21で分離されたそれぞれのキャリア成分は、重み付け部22において、重み制御部26から供給される重みが乗算される。重み付け部22は、それぞれの離散フーリエ変換部21で分離されたそれぞれのキャリア成分ごとに設けられており、すなわち、 $K\times M$ 個設けられている。それぞれの重み付け部22に入力される重みを w_{ij} ($i=1\sim K$, $j=1\sim M$)で示している。なお、重み w_{ij} は複素数であり、位相及び振幅の両方について重み付けすることになる。また、重み付け部22で重み付けされたキャリア成分を y_{ij} ($i=1\sim K$, $j=1\sim M$)で示しており、 $y_{ij}=x_{ij}w_{ij}$ である。

【0022】加算部23は、それぞれのアンテナ11ごとに分離して得られた同じキャリア成分について、その重み付け後のキャリア成分を加算する。すなわち、 i 番目のキャリア成分についての加算後の信号は、 $y_i = \sum_{j=1}^M y_{ij} = \sum_{j=1}^M x_{ij} w_{ij}$ となる。

【0023】加算部23で加算した後のキャリア成分は、それぞれ、復調部24において復調されてデータに戻される。この例では、その後、並直列変換部25でシリアルデータに変換され、端末装置13などに出力される。もちろん、パラレルデータとして出力してもよい。なお、複数のキャリアのうち、一部を共通のデータの送信に用い、他の部分を各送信部2、3について個別のデータを送信している場合には、出力の際に共通データと個別のデータとを分離して端末装置13に出力してもよい。あるいは、受信部12からはデータが混在したまま端末装置13に転送し、端末装置13の側で共通データと個別のデータを分離してもよい。

【0024】重み制御部26は、重み付け部22において各キャリア成分に乗算する重みを算出する。重みの算出法としては、非相関波を抑圧して、希望波を取り出すことが可能なMMSE (Minimum Mean Square Error) 規範のRLS (Recursive Least Squares) 法などを利用することができる。この方式では、各キャリアにおいて参照信号 r_i をあらかじめトレーニングシーケンスなどを用いて生成し、加算演算後のキャリア信号 y_i とから生成される誤差信号 e_i を最小にするように逐次重み w_{ij} ($j=1\sim M$)が制御される。ここで、誤差信号 e_i は $e_i = r_i - y_i$

である。なお、上述のように重みは複素共役数であるの

8

で、実数部と虚数部について、それぞれ、誤差信号 e_i が最小になるように制御される。このような重み制御は、K個のキャリア信号それぞれについて行われることになる。もちろん、他の方式を用いて重みを決定してもよい。

【0025】次に、送信部2、3に共通のデータ及びそれぞれ個別のデータの送信方法の一例について説明する。図4は、OFDMフレーム構成の一例の説明図である。送信部2、3から送信するOFDM変調方式による1フレーム分の送信シーケンスの一例を図4に示している。図中、縦軸は周波数を示しており、左右に延在する矩形がそれぞれのキャリアについてのシーケンスを示している。また、横軸は時間であり、トレーニングスロット(A)、重み生成スロット(B)、データスロット(C)から構成されている。

【0026】まず(A)に示すトレーニングスロットでは、図3に示した受信部12における重み制御部26に入力される参照信号を生成するための時間である。このトレーニングスロットでは、例えば送信部2及び送信部3から、順次、例えば拡散符号などによって送信し、各送信部2、3からの参照信号を取得する。なお、この時点でキャリア毎に送信部2、3から同一のデータが送られてくるのか、あるいはそれぞれ異なるデータが送信され、いずれの送信部から送信されたデータを選択したらいのか等が決定される。このような同一のデータが送られるのか異なったデータが送られるのか、及び、異なったデータが送られる場合にはいずれの送信部からのデータを選択するか等の情報は、予め与えられることもあるし、このトレーニングスロットにおいて送信部2、3から送信してもよい。

【0027】次に(B)に示す重み生成スロットでは、送信部2、3から所定のデータを送信し、受信部12の重み制御部26において重みを決定する。このとき、トレーニングスロット(A)において取得した参照信号に従い、誤差が少なくなるように重みを適応的に制御する。例えば送信部2、3から同一のデータが送られてくるキャリアについては、それぞれのアンテナ11で受信して分離した各キャリア信号が加算部23で加算されて大きな信号となるように、重みが制御される。また、送信部2と送信部3で異なるデータを送信しているキャリアについては、それぞれのアンテナ11で受信して分離したキャリア信号のうち干渉となる成分については減衰させ、参照信号として与えられた送信部2あるいは送信部3のいずれかから送られてくる信号のみを選択するように、重みが制御される。

【0028】次の(C)に示すデータスロットにおいて、実際に送信部2、3から受信端末4に対して転送するデータが送られる。受信端末4では、重み生成スロット(B)において決定した重みを用い、キャリア毎に送信部2、3に共通のデータ、あるいは、送信部2または

10

20

30

40

50

9

送信部3のいずれかから送信されたデータを受信する。

【0029】なお、このトレーニングスロット(A)及び重み生成スロット(B)は、各フレームに挿入するほか、例えば複数フレーム毎に挿入したり、変更を要する場合にのみ挿入するようにしてもよい。また、重み生成スロット(B)及びデータスロット(C)ではOFDM変調方式によって通信が行われるので、ガードインターバルを設けておく必要がある。

【0030】図5は、共通データ及び個別データの転送シーケンスの一例の説明図である。図4に示すようなOFDMフレームを用い、各キャリアにどのようなデータを乗せるかを示す。図5に示す例は、キャリアごとに、送信部2、3から同一のデータ(BROADと表記)か、あるいは、送信部2と送信部3から異なるデータ(UNIと表記)のいずれかを送信する例である。

【0031】一般的にパケット通信に用いるパケットには制御情報や放送型の通信を送るブロードキャスト型パケットと個別の端末に対して情報を送信するユニキャスト型パケットの2種類がある。ブロードキャスト型パケットはエリア内の全端末に対して誤りを少なくして正確に伝送しなければならない。そのため、送信部2及び送信部3から同一のデータを送信することになる。一方、ユニキャストパケットは大量のデータがある一定の端末に対して送る必要がある。この場合には、受信端末4がサービスエリア内に含まれている送信部2または送信部3のいずれかからデータを送信すればよく、他方の送信部では別のユニキャストパケットを送信することができる。すなわち、送信部2と送信部3で異なるデータを送信することになる。

【0032】図5に示す例では、フレーム①と③では、1/4のキャリアにおいて送信部2、3で同一のデータ(ブロードキャストパケット)を送信し、3/4のキャリアにおいて送信部2と送信部3から異なるデータ(ユニキャストパケット)を送信している。これによって、ユニキャストパケットのための転送データ量を確保している。

【0033】また、フレーム②では、半分のキャリアにおいて送信部2、3で同一のデータ(ブロードキャストパケット)を送信し、残り半分のキャリアにおいて送信部2と送信部3から異なるデータ(ユニキャストパケット)を送信している。このように、転送しなければならないブロードキャストパケットとユニキャストパケットのデータ量に応じて、使用するキャリア数を変更することが可能である。

【0034】図3でも説明したように、キャリアごとに重みを決定しているため、上述のように、キャリアごとに、送信部2、3から同一のデータ(BROADと表記)か、あるいは、送信部2と送信部3から異なるデータ(UNIと表記)のいずれかを送信することが可能である。

10

【0035】この例では送信部2、3で同一のデータを送信するキャリアと、送信部2と送信部3から異なるデータを送信するキャリアを、ある程度決めて使用しているが、例えば時間の経過とともに、それぞれのデータの転送に使用するキャリアを変更してゆくこともできる。

【0036】図6は、共通データ及び個別データの転送シーケンスの別の例の説明図である。この例では、各フレーム毎に送信部2、3で同一のデータを送信するフレームと、送信部2と送信部3から異なるデータを送信するフレームを設けた例を示している。フレーム①と③では、送信部2、3からすべてのキャリアを用いて同一のデータを送信する。このフレームでは、通常のOFDM通信と同様である。また、フレーム②では、すべてのキャリアについて、送信部2と送信部3から異なるデータを送信している。この場合には、受信端末4における複数のアンテナによって、干渉成分が除去され、目的の信号のみを取り出して受信することになる。もちろん、送信部2、3で同一のデータを送信するフレームと、送信部2と送信部3から異なるデータを送信するフレームは、交互に設ける必要はなく、データ量に応じて適宜変更すればよい。

【0037】このようにフレーム毎に、送信部2、3で同一のデータを送信するフレームと、送信部2と送信部3から異なるデータを送信するフレームを設ける場合には、フレームの変更の都度、重みを変更してゆくことになる。

【0038】次に、本発明による通信特性を評価するための実験例をシミュレーション結果により示す。図7は、シミュレーション条件の一例を示す説明図、図8は、同一データを送信した時のCNR特性の一例を示すグラフ、図9は、異なるデータを送信したときのCNR特性の一例を示すグラフである。図7に示すように、各キャリアの変調方式としてDQPSK(Differential Quadrature Phase Shift Keying)を用いることとして、受信端末4側にM本のアンテナを持つシステムを考える。マルチキャリアのキャリア数を48とし、ガードタイムとして20%取ることにする。送信部2、3から発射された32の素波が受信端末4近傍において反射し、到来するものとする。このとき、各素波は、一様に分布するランダムな角度から到来するものとし、各々の電力、遅延が下記に示すような指数分布に従うとする。

$$p(\tau) = (2P_R/N) \exp(-\tau/2\sigma_\tau)$$

ここで、 $p(\tau)$ は素波の電力、 P_R は受信平均電力、 N は素波の数を示し、 σ_τ は遅延スプレッドを表している。このようにランダムな角度で入力される波は統計的にはレイリーフェージングで表すことができる。

【0039】また、重み制御に用いるアルゴリズムには、上述のRLS法を利用することとする。さらに、図4に示したトレーニングスロット(A)において、参照

10

20

30

40

50

11

信号作成用にトレーニングビットを系列長31ビットのM系列で31ビット送信する。また重み生成スロット(B)において、更新用のビットとして系列長31のM系列を2周期62ビットを送信する。データスロット(C)におけるパケットとしてキャリアあたり192ビットのランダムデータを仮定し、パケット内の伝搬環境の変化は無いものとした。

【0040】送信部2と送信部3から等距離に受信端末4が配置されているものと仮定して、各々の送信部2、3からの搬送波電力対雑音電力比(carrier to noise ratio: CNR)を変化させて性能評価を行った。ここで、受信端末4のアンテナ数を1、2、4本として、送信部2、3からの受信電力が等しい時に、送信部2、3から同一データを送信した場合のBER特性と別のデータを送信した場合のBER特性をそれぞれ図8、図9に示している。ここで、横軸は1つの送信部あたりのCNRを示している。

【0041】図8を参照して分かるように、送信部2、3から同一データを送信した場合、アンテナのエレメント数が1つの場合でも、送信部2、3から送信されたデータは一つの相関の高い波の合成と考えられ、フラットレイリーフェージングの特性を持っている。これは、OFDM変調を利用して、送信部2、3からの波がガードインターバル内に収まり、双方からの波を取り込んでいるものと考えられる。また、アンテナエレメント数を増加させると、エレメント数分のダイバーシティ効果が発生して、特性は大幅に改善する。

【0042】一方、送信部2と送信部3で別のデータを送信した場合には、図9に示すように、エレメント数が1つの場合には互いに干渉になるため、高い誤り率となっている。この状態では、いずれの送信部が送信したデータも、取り込むことは困難である。それに対して、エレメント数を増やすことにより、相関の低い別の送信部からのデータを抑圧するように、適応的に重み付けが行われ、特性は改善する。OFDM変調を用いているため、複数の遅延を持った波の集合が、キャリア毎には1つの振る舞いをするため、アンテナエレメント数がマルチパス波の数より少ない場合でも効果的に干渉信号の抑圧が可能となっている。

【0043】また別のシミュレーションによって、本発明の通信システムが高い伝送容量を有することを示す。ここでは本発明の通信システムを用い、図5で説明したように各キャリア毎に共通データあるいは個別データのいずれかを送信する方式で送信部2、3からOFDM変調されたデータを送信するものとする。比較のために、2つの送信部2、3が共通データ及び個別データを含むOFDM変調したデータを同時に送信する場合と、送信部2と送信部3が時分割によりいずれか一方のみがOFDMフレームごとに送信する場合を考える。

【0044】図10は、別のシミュレーションにおいて

12

送信部から送信するOFDMフレーム構成の一例の説明図である。図中、送信部2、3から同一データを送信する場合に'BROAD'、個別データを送信する場合に送信部2から送信されるデータに'UNIBS2'、同様に送信部3から送信される個別データに'UNIBS3'と付して示している。ここでは4キャリアのみを示している。図10(A)に示すOFDMフレーム構成は図5で説明したものと同様であり、同一のOFDMフレーム中に、同一データのためのキャリアと個別データのためのキャリアが混在している。また、送信部2と送信部3は同時に送信する。一方、図10(B)に示すOFDMフレーム構成では、同一のOFDMフレーム中に、同一データのためのキャリアと個別データのためのキャリアが混在していることは変わりがないが、送信部2と送信部3は同時に送信することなく、1つのOFDMフレームにおいてはいずれか一方のみが送信する。なお、送信部2と送信部3のいずれか一方のみ送信する場合には、図4に示す重み生成スロット(B)が必要ないため、フレーム長は短くなっている。

【0045】図11は、別のシミュレーションにおける送信部2、3の設置条件の説明図である。シミュレーションの条件として、図11に示すような50m×100m、高さ3mの室内を想定する。この室内の中心から25mずつ、50m離して送信部2、3を設置している。送信電力は17dBm(50mW)、雑音レベルは-95dBmとした。また、受信端末4の位置は、ランダムに配置する。受信端末4におけるアンテナ数Mは2とした。さらに、受信信号は送信部2、3からの距離の3乗に反比例して減衰するものとした。このような条件の下で、個別データの packets を80%、同一データの packets を20%の割合で発生させることとし、送信は全体に行き渡らせる必要のある同一データの packets を優先して送信するものとする。

【0046】図12は、別のシミュレーションにおける伝送負荷と伝送容量との関係を示すグラフである。上述のような条件でシミュレーションを行うと、横軸を図10(A)のフレームの長さを基準としたときの伝送負荷、縦軸を伝送容量とした場合に、個別データの packets の伝送容量は図12に示すような結果が得られた。図12において、実線で示すグラフは、図10(A)に示すOFDMフレーム構成の場合、すなわち送信部2と送信部3が同時に送信する場合を示している。また、破線で示すグラフは、図10(B)に示すOFDMフレーム構成の場合、すなわち送信部2と送信部3のいずれか一方のみが送信する場合を示している。

【0047】図12から分かるように、本発明の通信システムを利用し、同一周波数で複数の送信部から同時に送信することによって、別の種類のデータに関して時分割のシステムと比べ、同じ帯域幅で見た場合に伝送路の容量が大きくなっている。これにより、本発明の通信シ

13

ステムが、高い伝送負荷まで耐えられることが分かる。

【0048】本発明の通信システムは、上述の別のシミュレーションにおいても条件として設定したように、例えば屋内における無線ネットワークなどに応用することができる。例えば天井などに間隔を置いて複数の送信部を設置し、ネットワークを介して送られてくる、すべての受信端末に送信するデータ、及び、特定の受信端末に送信するデータを、同一周波数を用いて同時に送信することが可能である。もともと、OFDM変調方式はマルチパスに強い特性を有しているので、屋内のようにマルチパスが発生する環境においては適している通信方式である。特に本発明の通信システムでは、同一周波数で複数の送信部から異なるデータを同時に送信することができるので、通信データ量を増大させることができる。

【0049】なお、上述の例では、ネットワーク側から端末側へのデータ転送について示しているが、端末側からネットワーク側へのデータ転送についても同様の構成を用いることができる。あるいは、端末側からのデータ転送については、別の通信方式を用いてもよい。

【0050】また、本発明の通信システムを放送用に用いることも可能である。この場合、サービスエリアが重複する複数の放送局は、同一周波数を用いて放送することが可能になる。例えば広域用放送では、複数の放送局は同一のデータを送信すればよい。また、地域用放送では、各放送局が異なるデータを送信すればよい。この場合、例えば図5に示したようにキャリアで分けたり、図6に示したようにフレームによって分けることが可能である。例えば複数の放送局のサービスエリアに含まれる受信機では、上述のように複数本のアンテナを用いて適応的に重み付けして受信することによって、それぞれの放送局から行われる地域用放送についても選択的に受信することができる。また、広域用放送についても、例えばいずれの放送局からも遠い位置の受信機でも、複数本のアンテナによるダイバーシティ効果によって受信特性は改善し、良好に受信することができるようになる。

【0051】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明によれば、サービスエリアが重複する複数の送信手段から、同一のデータだけでなく、それぞれ異なるデータに

14

ついても、OFDM変調方式により同一周波数で同時に送信することができる。受信手段は複数のアンテナを有しているので、複数の送信手段が同一のデータを送信した場合にはダイバーシティ効果によって高い通信品質を確保することができる。また、複数の送信手段が異なるデータを送信した場合には、干渉成分を抑圧し、希望波のみを取り出すことが可能である。この場合、異なるデータを同一の周波数で同時に送信することができるので、伝送容量を大幅に向上させることが可能となるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の通信システムの実施の一形態を示す概念図である。

【図2】受信端末の一例を示す概略図である。

【図3】受信端末における受信部の概要を示すブロック図である。

【図4】OFDMフレーム構成の一例の説明図である。

【図5】共通データ及び個別データの転送シーケンスの一例の説明図である。

【図6】共通データ及び個別データの転送シーケンスの別の例の説明図である。

【図7】シミュレーション条件の一例を示す説明図である。

【図8】同一データを送信した時のCNR特性の一例を示すグラフである。

【図9】異なるデータを送信したときのCNR特性の一例を示すグラフである。

【図10】別のシミュレーションにおいて送信部から送信するOFDMフレーム構成の一例の説明図である。

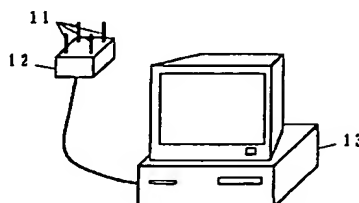
【図11】別のシミュレーションにおける送信部2、3の設置条件の説明図である。

【図12】別のシミュレーションにおける伝送負荷と伝送容量との関係を示すグラフである。

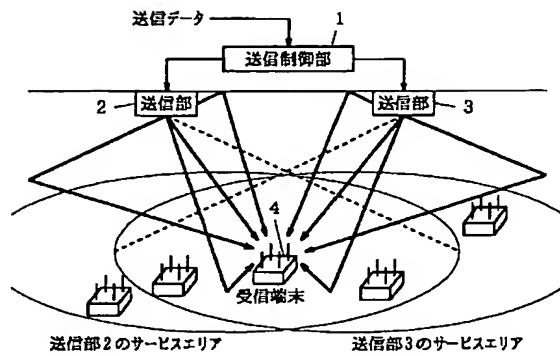
【符号の説明】

1…送信制御部、2、3…送信部、4…受信端末、11…アンテナ、12…受信部、13…端末装置、21…離散フーリエ変換部、22…重み付け部、23…加算部、24…復調部、25…並直列変換部、26…重み制御部。

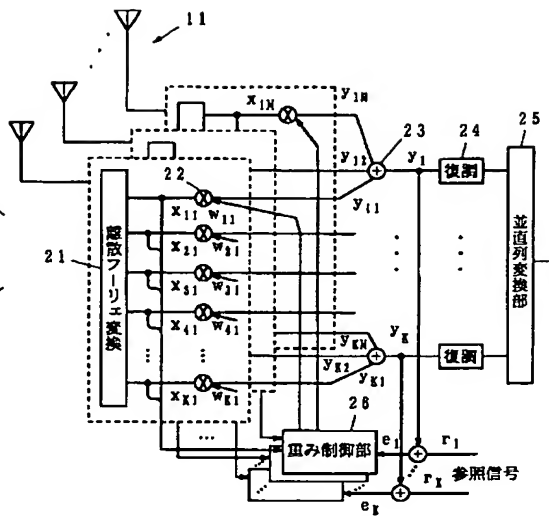
【図2】



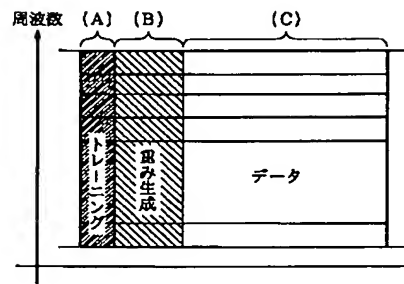
【図1】



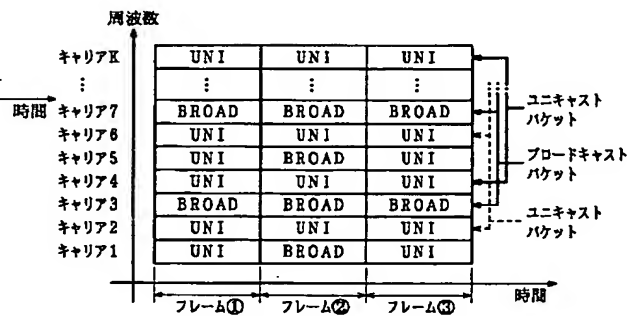
【図3】



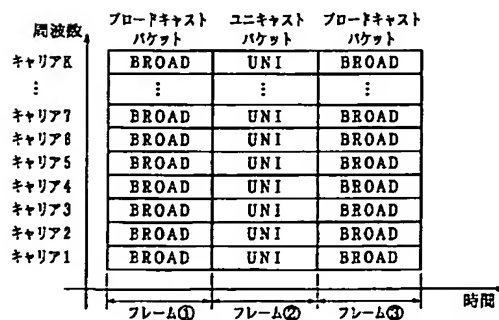
【図4】



【図5】



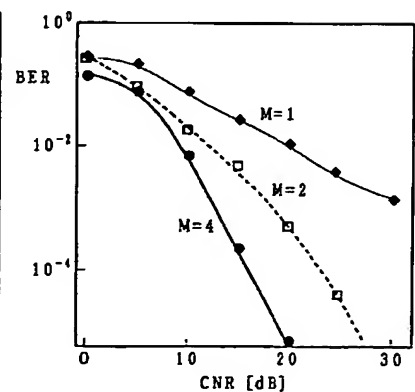
【図6】



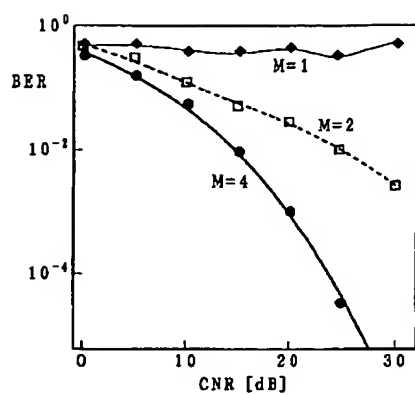
【図7】

変調方式	DQPSK
アンテナ数	M=1, 2, 4
キャリア数	K=48
FFTポイント数	64
ガードインターバル	20%
マルチパス数	乗波 N=32 波
遅延スプレッド	$\sigma=1/50$ シンボル
乗波到来角	一様分布
MMSEアルゴリズム	RLS法
RLS忘却定数	$\alpha=0.85$
トレーニングビット数	31ビット (31 M-seq)
更新用ビット数	62ビット (31 M-seq x 2)
キャリア毎のパケット長	192ビット/1キャリア
送信部の数	2

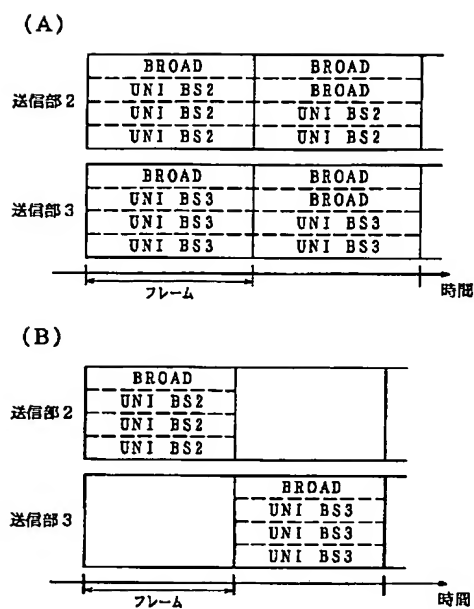
【図8】



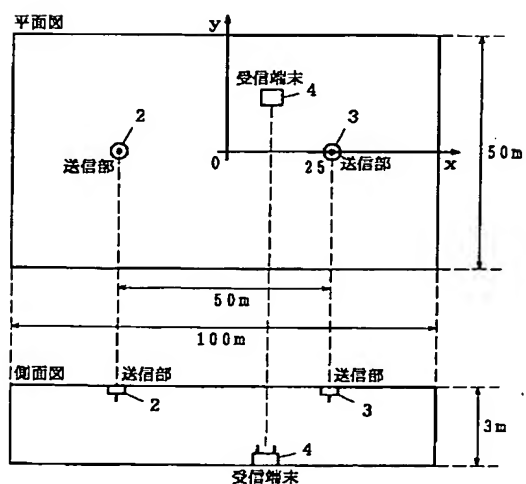
【図 9】



【図 10】



【図 11】



【図 12】

